

Впервые на русском языке!

КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
СЕРИЯ

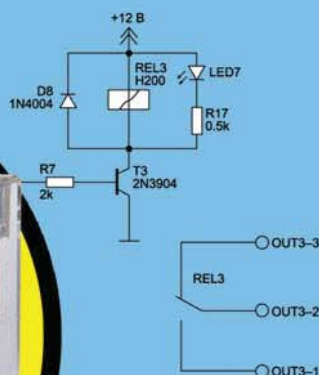
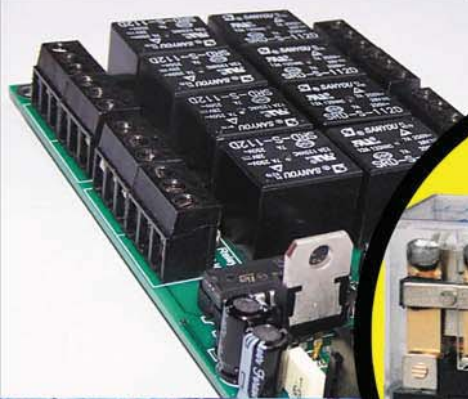


В. И. Гуревич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЛЕ

Устройство, принцип действия и применения

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ИНЖЕНЕРА



История реле

- **Электронные реле**
- **Классические реле и их полупроводниковые аналоги**
- **Высоковольтные реле**
- **Мало известные и экзотические реле**
- **Реле защиты**
- **Свыше 1000 иллюстраций**
- **Множество примеров применения**

ISBN 5-91359-086-2



9 785913 590862

УДК 621.397
ББК 32.94-5
Г 95

В. И. Гуревич

Г95 Электрические реле. Устройство, принцип действия и применения.
Настольная книга электротехника. Серия «Компоненты и Технологии». —
М.: СОЛОН-Пресс, 2013. — 688 с.: ил.

В книге описаны устройство, принцип действия и применение электрических реле всех основных типов, как распространенных, так и мало известных. По широте охвата этой темы книга является уникальной и в этом смысле представляет собой первую иллюстрированную энциклопедию электрических реле.

Значительное внимание уделено истории создания реле различных типов, которая, обычно далеко не всегда известна специалистам, хотя интересна сама по себе, а ее знание почти всегда подчеркивает компетентность специалиста.

При рассмотрении отдельных видов сложных реле, например, электронных, рассматриваются также смежные вопросы устройства и принципа действия компонентов реле (в данном случае вакуумных, газоразрядных и полупроводниковых приборов), что позволяет читателю понять принцип действия описываемых реле без необходимости обращения к дополнительным источникам.

Книга написана понятным и доступным языком, без использования математического аппарата но при этом снабжена большим количеством иллюстраций (свыше 1000), что делает ее привлекательной не только для специалистов в области реле, но и для широкого круга инженеров, техников, студентов, желающих пополнить свои знания об электрических реле. Лекторы курсов и преподаватели университетов найдут в этой книге много ценного материала для своих лекций.

Рекомендуется студентам и преподавателям ВУЗов и ССУЗов, специалистам НИИ, КБ и других предприятий, а также библиотекам предприятий и учебных заведений.

ISBN 978-5-91359-086-2

«ДМК-Пресс» ISBN 978-5-94074-712-3

КНИГА — ПОЧТОЙ

Книги издательства «СОЛОН-ПРЕСС» можно заказать наложенным платежом (оплата при получении) по фиксированной цене. Заказ оформляется одним из трех способов:

1. Послать открытку или письмо по адресу: 123001, Москва, а/я 82.
2. Оформить заказ можно на сайте www.solon-press.ru в разделе «Книга — почтой».
3. Заказать по тел. (499) 254-44-10, 252-73-26.

Бесплатно высылается каталог издательства по почте.

При оформлении заказа следует правильно и полностью указать адрес, по которому должны быть высланы книги, а также фамилию, имя и отчество получателя. Желательно указать дополнительно свой телефон и адрес электронной почты.

Через Интернет вы можете в любое время получить свежий каталог издательства «СОЛОН-ПРЕСС», считав его с адреса www.solon-press.ru/kat.doc.

Интернет-магазин размещен на сайте www.solon-press.ru.

По вопросам приобретения обращаться:

ООО «Альянс-книга КТК»

Тел: (495) 258-91-94, 258-91-95, www.aliants-kniga.ru

Ответственный за выпуск: В. Митин

Верстка и обложка: СОЛОН-ПРЕСС

ООО «СОЛОН-ПРЕСС». 103050, г. Москва, Дегтярный пер., д. 5, стр. 2

Формат 70x100/16. Объем 43 п. л. Тираж 1000

ISBN 978-5-91359-086-2

«ДМК-Пресс» ISBN 978-5-94074-712-3

© Макет и обложка «СОЛОН-Пресс», 2013

© В. И. Гуревич, 2013

Если мы не найдем здесь ничего приятного,
то, как минимум, найдем что-нибудь новое
Вольтер

1. Истоки

1.1. Реле и лошади

Что такое РЕЛЕ ?

Наверное нет ни одного инженера или техника который мог бы позволить себе признаться коллегам, в том что он не знает что такое реле. Это настолько широко распространенный в технике элемент, что наверное каждому инженеру приходилось иметь с ним дело в той или иной степени. Но вот попробуйте, ради эксперимента, четко сформулировать понятие «реле»...

Думаю, читатель, тебе не удастся сделать это с первого раза. Да и со второго тоже. А если попытаться воспользоваться толковым словарем, то можно запутаться еще больше.

Суди сам:

RELAY

1. Замена лошадей.
2. Смена рабочих.
3. Работать посменно.
4. Спортивная эстафета.
5. Система смен на предприятии.
6. Сменять, обеспечивать замену, передавать.
7. Ретранслировать.
8. Реле, переключатель.

Неправда ли, довольно неожиданные толкования такого распространенного в технике слова. В чем же здесь дело?

Начинать придется издалека...

В 1830 в Америке был построен первый «железнодорожный» путь из Балтимора до фабрики Элликота, протяженностью 13 миль. Первые поезда состояли из нескольких фургонов, на деревянных колесах которые тащила по деревянным рельсам упряжка лошадей. Постепенно такие поезда стали применяться для поездок между городами отстоящими друг от друга на значительно большие расстояния. При этом, нужно было дать лошадям возможность поесть и отдохнуть, что слишком затягивало путешествие. И вот, кому-то пришла в голову счастливая мысль менять упряжку лошадей в средней точке трассы так, чтобы путешествие можно было продолжать практически без остановки. Эту новую упряжку лошадей и назвали «реле» от французского



Рис. 1.1. Железнодорожная станция «Отель Виадук» и городская ратуша города Реле

«relais» — смена, замена. Это же имя получил вскоре и небольшой городок, в котором впервые была осуществлена такая смена лошадей.

И несмотря на то, что такую дорогу скорее можно назвать «деревянно-дорожный путь», чем железнодорожный, началом эры железных дорог в США считается именно 28 августа 1830 — начало регулярного движения конных поездов через станцию Реле. В 1872 году в Реле была построена железнодорожная станция пересадок (ретрансляционная станция) с комнатами для отдыха пассажиров с видом на виадук — Отель Виадук, а затем ратуша города Реле

В то же время в той же Америке происходят не менее удивительные события и в совершенно в другой области человеческой деятельности.

1.2. От Эрстэда до Генри

В 1820 году датский физик Ганс Христиан Эрстед (Hans Christian Oersted) впервые демонстрирует взаимосвязь магнитного поля и электрического тока, показывая слабое влияние одиночного проводника с током на стрелку компаса. Всего лишь через несколько месяцев после этого, экспериментируя с компасом, немецкий ученый Швейгер (S. C. Schweigger), профессор химии университета Halle обратил внимание на то, что усилить это влияние удлиняя проводник с током нельзя, так как компас может взаимодействовать только с ближайшим к нему участком провода. И тогда ему в голову приходит счастливая идея некоей конструкции, в которой все участки длинного провода будут взаимодействовать со стрелкой компаса. Он просто намотал длинный провод на оправку из двух деревянных брусков Аа и Сс с прорезями t и d в виде нескольких витков, подключил выводы К и Z к гальванической батарее и вставил в образовавшуюся катушку компас. Называлось это устройство «гальваническим умножителем», рис. 1.2.

Так появился на свет первый прообраз электромагнита (Diagram of Schweigger's multiplier. — Journal für Chemie und Physik 31, Neue Reihe, Bd. I, 1821). А если в область «В» на рисунке поместить компас, как это и делал Швейгер, то получится самый настоящий гальванометр, которым можно измерять и ток и напряжение. Но тогда этого еще никто не знал, включая и самого автора этой идеи.

Частично оценить эту идею удалось выдающемуся французскому физику Андре-Мари Амперу (Andre-Marie Ampere), который предложил использовать, умножитель Schweigger, в телеграфной системе, в которой каждая буква и цифра передавалась по отдельной цепи, а поворачивающаяся игла компаса была индикатором наличия тока в той или иной цепи, соответствующей той или иной букве. Ампер сообщил, что его эксперименты были полностью успешными, хотя и не дал никаких дополнительных пояснений. Очевидно, никаких дополнительных пояснений и не требовалось. Во всяком случае английский ученый Питер Барлоу (Peter Barlow) писал об опытах Ампера в 1824 году: «...детали такого устройства так очевидны, а принцип на котором оно основано так хорошо понятен, что единственным открытым остался вопрос о том, сможет ли электрический ток отклонить иглу после прохождения по длинному проводу. К великому разочарованию обнаруживается такое значительное уменьшение отклонения иглы уже через 200 футов проволоки, которое достаточно для того, чтобы убедить меня в непригодности схемы».

Тогда казалось, что этот безжалостный приговор Барлоу ставит крест на новой системе дальней связи, предложенной Ампером.

К счастью, об этом мнении Барлоу не знал англичанин Вильям Стюржен (William Sturgeon) и не стал бросать своих исследований по электромагнетизму, а наоборот, направил свои усилия на решение проблемы увеличения силы электромагнита. Успех не заставил себя долго ждать. В том же 1824 году Стюржен публикует статью, в которой описывает свой новый электромагнит, содержащий железный сердечник и катушку, выполненную из неизолированной металлической проволоки. Для того, чтобы намотать большое количество витков Стюржен изолировал поверхность согнутого в виде подковы железного сердечника лаком и намотал катушку с зазором между витками (Sturgeon's electromagnet. — Transactions of the Society for the Encouragement of the Arts, 1824, v. 43).

Как следует из этой публикации, электромагнит Стюржена содержал уже 18 витков неизолированной проволоки и был уже самым настоящим электромагнитом, рис. 1.3.

Далее, в нашей истории появляется новое действующее лицо: профессор математики и натуральной философии академии Элбани в Нью-Йорке Джозеф Генри (Josef Henry), рис. 1.4.

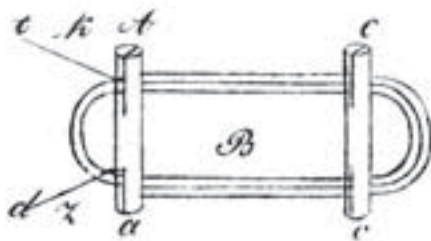


Рис. 1.2. Гальванический умножитель Швейгера

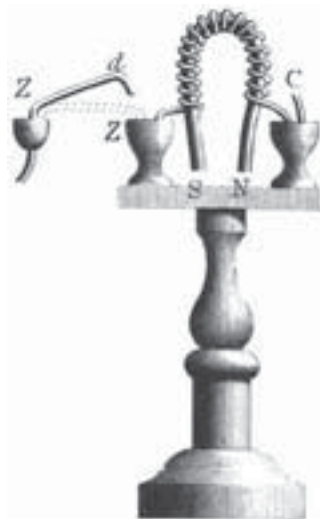


Рис. 1.3. Электромагнит Стюржена. Подковообразный сердечник с обмоткой расположен в верхней части конструкции



Рис. 1.4. Профессор Джозеф Генри и его первый многовитковый магнит, намотанный проводом, изолированным шелковой нитью

Ему удалось сделать красивый, даже с уровня сегодняшних представлений, изобретательских ход: он предложил сделать саму проволоку для электромагнита изолированной и успешно реализовал эту идею, обмотав проволоку шелковой нитью. Так появился на свет и первый электрический провод. После этого на катушки электромагнитов мотали уже сотни витков изолированного провода и электромагниты стали мощными устройствами, которые стали широко применяться в различных физических экспериментах.

Вскоре, пользуясь своей новой технологией, Генри строит самый мощный в мире электромагнит, который удерживал металлический брусок весом в 750 фунтов, рис. 1.5. Быстро описав свои эксперименты, он отправляет их Бенджамину Силлиману (Benjamin Silliman) профессору химии и естественной истории колледжа Yale и редактору Американского Журнала Науки. Б. Силлиман дает этим работам Генри восторженную оценку и в январе 1831 года в журнале «American Journal of Science» выходит статья: Henry's Albany magnet with its battery and apparatus for measuring its strength.

Дополнительно к своему отчету, Генри послал Б. Силлиману предложение построить для его экспериментов и лекций демонстрационный магнит, который удерживал бы уже 1000 или 1200 фунтов.

Б. Силлиман быстро согласился и через несколько месяцев уже был готов магнит, который превзошел даже собственные ожидания Генри.

Этот «магнит Yale» с сердечником, весящем 59 фунтов, удерживал беспрецедентный вес 2,063 фунтов, рис.1.5. В благодарность, Б. Силлиман опубликовал подробное описание этого самого последнего и наиболее продвинутого электромагнита Генри и в примечании редактора отметил, что Генри удалось создать электромагнит, в 8 раз более мощный из когда-либо известных (Henry's Yale magnet, mounted in frame constructed under Silliman's direction. N.M.A.N. Cat. No. 181,343. Smithsonian neg. no. 13,346).

Чуть позже Генри прозрачно намекает в одной из своих статей на посетившую его идею создания машины, которая могла бы перемещаться элект-

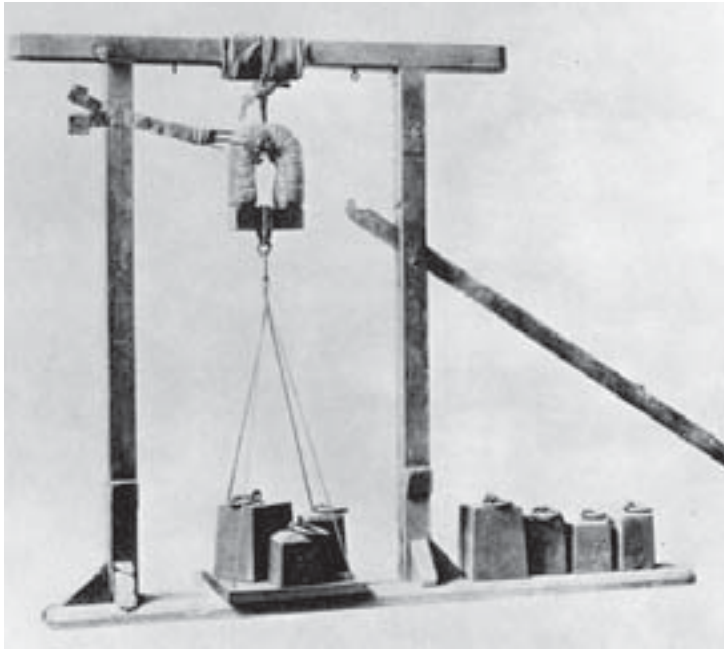


Рис. 1.5. Самый мощный в то время электромагнит, построенный Д. Генри по заказу Б. Силлимана

ромагнитом и идею передачи энергии на расстояние с помощью электромагнита.

Летом 1831 Генри уже описывает конкретные технические решения для этих идей в короткой статье «О поршневом движении, произведенном магнитным притяжением и отталкиванием» («On a Reciprocating Motion Produced by Magnetic Attraction and Repulsion»). Это было простое устройство, в котором прямой электромагнит мог качаться в вертикальной плоскости, рис. 1.6.

Гальванические элементы, установленные с двух сторон устройства были развернуты таким образом, что полярность питания качающегося электромагнита изменялась в зависимости от того, к какому гальваническому элементу в данный момент прикасались выводы электромагнита. Два вертикальных постоянных магнита С и D поочередно притягивали и отталкивали концы элек-

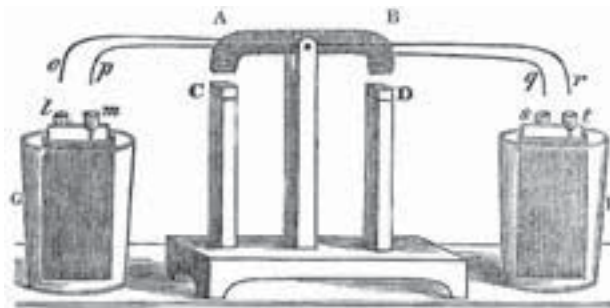


Рис. 1.6. Электро-поршневой движитель Генри

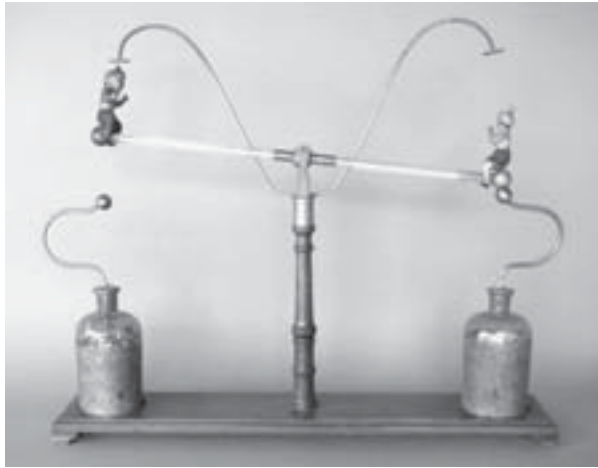


Рис. 1.7. Игрушка того времени, использующая принцип электро-поршневого движителя Генри

тромагнита, заставляя его качаться взад и вперед 75 раз в минуту. Фактически, это устройство уже содержало все основные элементы электрического устройства, называемого теперь поляризованным электромагнитным реле: катушка с обмоткой, ферромагнитный сердечник, постоянный магнит, контакты, коммутирующие электрическую цепь. К сожалению, Генри не смог сразу рассмотреть в этом устройстве прообраза современного реле и считал это устройство всего лишь «философской игрушкой», хотя и хорошим демонстрационным макетом, помогавшим объяснять студентам принципы магнетизма, и продолжает совершенствовать его.

В частности, вместо железного сердечника и двух вертикальных магнитов он использовал в своем движителе один прямой магнит на котором была намотана обмотка. Описание этого устройства не было опубликовано, но сохранились макеты его наглядных пособий, работающих на этом принципе, рис. 1.8.

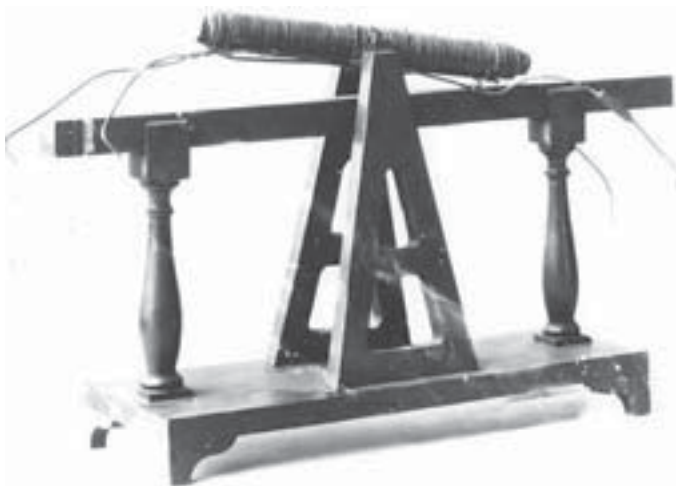


Рис. 1.8. Один из последних движителей Генри с колеблющимся электромагнитом

Вскоре Генри обнаруживает, что увеличить силу электромагнита за счет дальнейшего увеличения количества витков провода уже не удастся из-за возрастания сопротивления обмотки. Тогда он разделяет обмотку электромагнита на отдельные катушки и изучает влияние на силу электромагнита последовательного и параллельного соединения катушек, рис. 1.9. Он устанавливает важную взаимосвязь между наилучшим соединением между собой катушек электромагнита и количеством последовательно включенных гальванических элементов.

Однако, некоторые из описанных им опытов были весьма странны и совершенно не объяснимы. Например, если первые опыты, фактически подтверждали выводы Барлоу о резком снижении чувствительности магнитной стрелки при увеличении длины проволоки, соединяющей гальваническую батарею с электромагнитом, то последующие опыты обнаруживали совершенно anomальное возрастание чувствительности магнитной стрелки к электромагниту, подключенному не к одной, а к группе из 25 последовательно соединенных гальванических элементов.

При этом удавалось передать хорошо различимый сигнал через проволоку длиной в тысячи футов. Генри посчитал, что все дело в изменении химических свойств гальванических элементов при таком соединении, но сделал правильный вывод о том, что последовательным соединением гальванических батарей можно компенсировать увеличение длины провода, соединяющего электромагнит с батареей и таким образом можно создать практически действующий телеграф.

Результаты своих исследований Генри опубликовал в 1831 году в Американском Журнале Науки и сразу же сделал демонстрационный макет телеграфа, который показывал студентам на лекциях вплоть до 1832 года. В этом учебном макете Генри использовал электромагнит с подковообразным железным сердечником и с катушкой, оптимально сочетающейся по количеству витков с гальваническим элементом. Между концами подковы он установил на оси постоянный магнит, который поворачивался при возбуждении катушки электромагнита. Фактически, это был тот же «умножитель Швейгера», но значительно более мощный. Кроме того, Генри расположил рядом с поворотным магнитом небольшой офисный звонок, который издавал звук всякий раз, когда магнит ударял по нему своим концом. Электромагнит соединялся с батареей посредством медной проволоки длиной около мили, натянутой в лекционной аудитории.

Д. Генри становится все более популярным в научных кругах Америки. В 1832 г. Принстонский университет предлагает Генри должность профессора естественной философии, которую он с удовольствием принимает. Первым делом Генри восстанавливает демонстрационную модель своего телеграфа, но на этот раз, провод прокладывается не в лекционном зале, а между кампусами университетского городка. Считая преподавательскую работу приоритет-

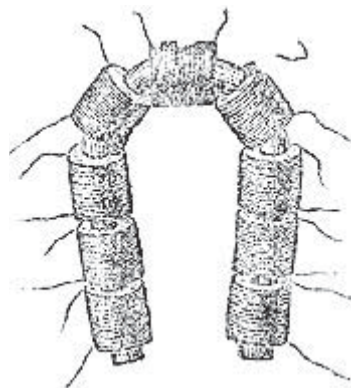


Рис. 1.9. Электромагнит Генри с отдельными обмотками, соединяемыми последовательно или параллельно

ной, Генри направляет все свои усилия на работу со студентами, продолжая попутно создавать все новые и новые демонстрационные макеты для своих лекций.

В 1835 году он решает объединить свой чувствительный телеграфный электромагнит, хорошо работающий при подаче на него питания от удаленной батареи, со своим сверхмощным магнитом, способным удерживать рекордный вес при питании его от мощной батареи. В этой новой конструкции поворачивающийся постоянный магнит вместо звонка, как это было в его телеграфе, замыкал контакт и включал цепь питания мощного электромагнита.

Как ты догадался читатель, это и было ПЕРВОЕ В МИРЕ РЕЛЕ. Но ни сам Генри, и ни один человек в мире еще не догадывался о том что это РЕЛЕ. Профессор Генри с увлечением продолжал демонстрировать студентам свою новую «игрушку»: сначала он включал всю свою систему и подвешивал тяжелый груз к мощному электромагниту, а затем с большого расстояния выключал чувствительный телеграфный электромагнит. При этом поворачивающийся электромагнит разрывал цепь питания мощного электромагнита и тяжелый груз с шумом летел вниз под восторженные крики студентов. Далекий от практики профессор Генри рассказывал студентам о перспективах применения своего нового устройства для управления звоном колоколов в удаленных церквях.

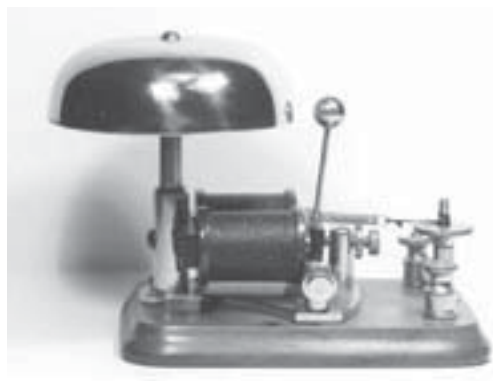


Рис. 1.10. Демонстрационный макет и более поздний образец приемного устройства телеграфа, построенного Генри в 1831 г.

Но о достижениях Генри знали не только его студенты. Другие известные и не очень ученые и инженеры шли за ним буквально по-пятам используя его идеи для решения собственных научных и технических задач.

В 1933 году, всего лишь через два года после публикации Д. Генри описания его движителя с колеблющимся электромагнитом, никому не известный до того священник из Англии Вильям Ритче (William Ritchie) публикует в «Философских Записках» свою статью «Экспериментальные исследования электромагнетизма и магнитоэлектричества» (Experimental researches in electro-magnetism and magneto-electricity. — *Philosophical Transactions*, 1833, v. 123), в которой описывает устройство с непрерывно вращающимся электромагнитом, рис. 1.11.

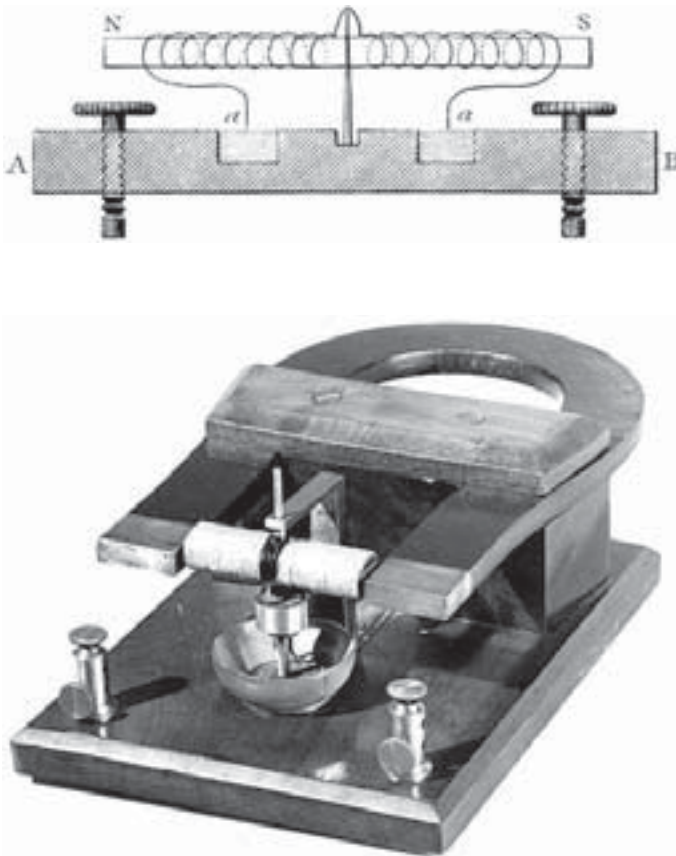


Рис. 1.11. Схема и внешний вид движителя Вильяма Риче

В этом устройстве электромагнит двигается уже не в вертикальной плоскости, как у Д. Генри, а в горизонтальной, а полярность питания катушки вращающегося электромагнита изменяется с помощью ртутного переключателя, образованного двумя полукруглыми ванночками с ртутью, в которые периодически попадают выводы вращающегося электромагнита. Ртуть в обеих ванночках с помощью дополнительных проводников электрически соединена с полюсами гальванического элемента.

Истории осталось не известно, знал ли В. Риче о работах Д. Генри когда изобретал свой движитель, так как он не сделал в своей статье никаких ссылок на предыдущие работы Д. Генри. Это вызвало болезненную реакцию Генри, который считал себя первооткрывателем этой идеи.

В последующие годы Генри очень ревностно следил за успехами своих коллег и неоднократно вступал с ними в полемику, даже на страницах научных журналов, оспаривая свое первенство. Особую известность получила его многолетняя судебная тяжба за авторство с Самуэлем Морзе (Samuel Finley Breeze Morse), использовавшем позднее колеблющийся электромагнит и другие идеи Генри в своем телеграфном аппарате без всяких ссылок на предыдущие работы Генри.

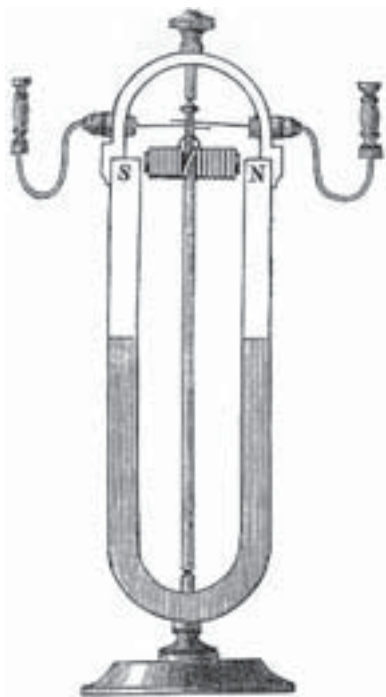


Рис. 1.12. Электрический мотор
Д. Бостона

Устройство В. Ритче подобно всем устройствам Д. Генри было, в первую очередь, всего лишь дидактическим инструментом, и не могло иметь практического применения.

Потребовалось целых пять лет для того, чтобы довести прибор В. Ритче до уровня, позволявшего рассматривать возможности уже практического применения этого прибора в качестве электрического мотора.

В 1838 году американец Даниэль Дэвис Бостон стал первым изготовителем демонстрационных электродвигателей, в которых неудобный ртутный переключатель полярности В. Ритче был заменен двумя металлическими полуцилиндрами, укрепленными на вращающемся валу, к которым прижимались два неподвижных проводника, подключенных к гальваническому элементу. К каждой половине цилиндра был припаян свой конец обмотки электромагнита. По сути дела, это был уже самый настоящий коллекторный электродвигатель.

Изобретение коллектора приписывают также еще одному изобретателю той поры Чарли Грэфтону Пэйджу (Charles Grafton Page). Некоторые исследователи полагают, что

Дэвис Бостон лишь коммерциализировал идею Пэйджа.

1.3. Профессор рисования С. Морзе

Тем временем профессор Генри продолжает свои эксперименты по совершенствованию электромагнитов, несмотря на горький конфликт со своим недавним коллегой С. Морзе.

Профессор Генри никогда не опускался до уровня конструирования коммерчески пригодных устройств, основанных на его открытиях и поэтому не проявлял никакого интереса к патентованию конкретных приборов и аппаратов. Профессиональный художник-портретист (с 1832 г. профессор рисования и скульптуры Нью-Йоркского Университета) с очень небольшой формальной научной и технической подготовкой, С. Морзе, наоборот, никогда не занимался теоретическими изысканиями, а был человеком весьма прагматичным и обладал огромной трудоспособностью. Он просто конструировал и изготавливал новые аппараты для своего телеграфа, не забывая попутно патентовать их. При этом он пользовался консультациями известных ученых того времени, включая и самого Генри. Но патенты заявлял от своего имени и вполне справедливо считал, что патенты выдаются не на красивые теории, а на практические конструкции приборов и аппаратов, которые разрабатывал именно он. Длительные судебные разбирательства по поводу приоритетов многочислен-

ных патентов Морзе, основанных на идеях и открытиях Генри, отравили многие годы жизни Генри и продолжались вплоть до самой смерти. Однако, профессор Генри был человеком достаточно сильным и мужественным и нашел в себе силы для продолжения своих исследований даже в такой неблагоприятной обстановке.

Интересоваться электрическим телеграфом С. Морзе начал только с 1832 г., к тому времени, когда Генри уже создал все необходимые предпосылки для успешного построения реального электрического телеграфа. Цепкий ум С. Морзе сразу же оценил огромную коммерческую перспективность идеи передачи сообщений на большие расстояния. Засучив рукава Самуэль приступил к работе. Он не был не только ученым, но даже инженером и поэтому ему нужно было работать с двойной—тройной нагрузкой. У него не было достаточно денег, чтобы заказать изготовление необходимых деталей. Он не мог купить даже изолированный провод для намотки катушек. Даже при колоссальной работоспособности Морзе ему понадобилось почти 5 лет для того, чтобы построить первую модель телеграфа, которую уже можно было продемонстрировать публике и, самое главное, Конгрессу США, от которого Морзе мечтал получить деньги для продолжения работы. Богатые люди, которым он показывал свой аппарат видели в нем не более, чем интересную забаву и вкладывать деньги не спешили. Заинтересовался его изобретением лишь один студент Альфред Вэйл (Alfred Vail), отец и брат которого владели железной и медной мануфактурой и были богатыми людьми. Альфред пообещал достать деньги на новую более совершенную модель аппарата и Морзе пришлось взять его в соавторы. Впоследствии, Альфред Вэйл и другой помощник Морзе по имени Вильям Бакстер (William Baxter) стали активными разработчиками многих аппаратов Морзе. В некоторых источниках даже утверждается, что именно эти ассистенты Морзе и являются настоящими авторами многих изобретений Морзе, включая и его знаменитую азбуку. Но, как бы там ни было, к 1838 году новый аппарат был представлен Конгрессу, но не вызвал особого интереса. Не обескураженный неудачей, Морзе с удвоенной энергией готовит новое представление. Прежде всего он изготавливает две мили водонепроницаемого изолированного провода, используя для этого смолу, деготь и резину. Морзе задумал осуществить передачу сообщения между двумя кораблями по подводному кабелю собственного изготовления. Но его опять ждала неудача. Перед толпой зевак один из кораблей цепляет кабель и рвет его.

В это же время активно занимаются телеграфом и достигают существенных успехов Карл Гаусс и Вернер Вебер в Германии, барон Шиллинг фон Капштатт в России. Это еще более подогревает интерес Морзе. Между 1839 и 1842 годами он часто советуется с Генри по техническим вопросам и ищет его поддержку. И Генри охотно помогает Морзе, рассматривая его устройство



Рис. 1.13. Самуэль Морзе

не более, чем практическое приложение его собственных научных изысканий. Генри, весьма далекий от коммерческой стороны дела видел в лице Морзе человека, несущего в мир его, Генри, научные достижения. В феврале 1842 года, пользуясь своим авторитетом, Генри даже обращается с письмом в Конгресс с целью помочь Морзе получить инвестиции.

В 1842 году Морзе предпринимает новую попытку заинтересовать Конгресс. Наконец-то, ему удалось получить деньги (30 тысяч долларов) и 11 (24) мая 1844 г. провести успешное публичное испытание своего телеграфа. Первым в мире официально зарегистрированным сообщением, переданным по телеграфу была фраза из библии: «What hath God wrought?» произнесенная присутствовавшей на испытаниях дочерью уполномоченного Патентного Ведомства.

Двенадцать лет упорного труда завершились полным триумфом и мировой славой, пришедшей к Морзе, как к создателю нового средства связи. К сожалению, в своих дальнейших публикациях и патентах Морзе старался всячески проигнорировать роль Генри, что вызывало естественную болезненную реакцию Генри. В результате, оба они оказались втянутыми в многолетнюю судебную тяжбу и боролись за свой приоритет до конца своих дней.

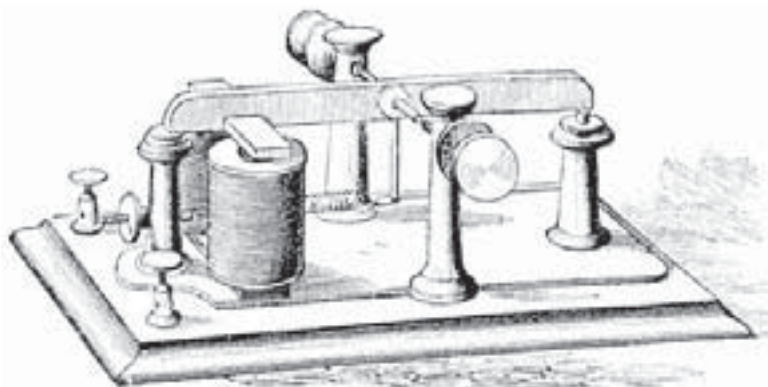


Рис. 1.14. Снопфер (sounder), используемый Морзе в его телеграфных аппаратах

Практически все электромагнитные элементы аппарата Морзе были всего лишь доведенными до совершенства демонстрационными моделями Генри. Например, так называемый снопфер (sounder), этот прообраз будущего громкоговорителя (динамика), рис. 1.14, который служил для звукового сопровождения кода азбуки Морзе (точки и тире), передаваемого ключом и помогал принимать на слух сообщения, зашифрованные кодом Морзе.

Каждый ключ (Key) имел нормально замкнутый (NC) и нормально открытый контакты (NO), рис. 1.15.

При каждом нажатии ключа на одном конце линии (Station 1) конец поворотного коромысла снопфера на втором конце линии (Station 2) притягивался к сердечнику вертикально установленной катушки, и одновременно ударял по металлическому элементу, издающему звуковой сигнал.

Для усиления звукового сигнала к снопферу позднее стали подключать дополнительный резонатор, рис. 1.16.

Как можно заметить, снопфер содержит все конструктивные элементы электромагнитных аппаратов Генри: многослойную катушку, железный серд-

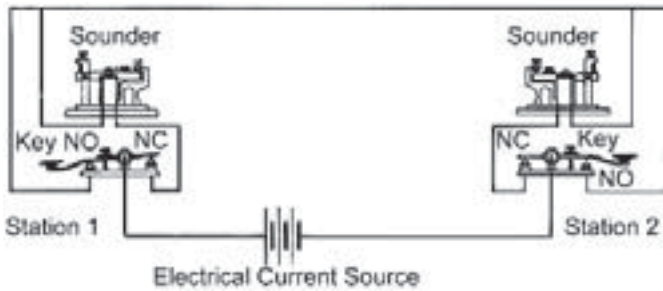


Рис. 1.15. Схема телеграфа Морзе

дечник, качающееся в вертикальной плоскости коромысло и даже звуковой индикатор. Однако, нельзя не заметить наличие двух катушек, вместо одной, что значительно увеличивало чувствительность аппарата, полюсных насадок на конце коромысла и вообще, тщательную проработку конструкции.

Эта конструктивная схема оказалась настолько удачной, что в последствие применялась во всех аналогичных аппаратах, производимых разными компаниями в разные годы, рис. 1.17.

Через некоторое время Морзе (или, скорее всего, кто-то из его многочисленных консультатов и помощников) догадался вставить карандаш в клопфер и приделать к нему пружинный заводной механизм, протягивающий бумажную ленту под этим карандашом. Работать с телеграфом стало очень удобно и он стал стремительно распространяться по всему миру. Сначала телеграфные линии на столбах строили в США только вдоль железных дорог, так как железные дороги уже имели выкупленные права на земли, через которые они проходили. Естественно, что и первые услуги новой системы связи были предоставлены именно железным дорогам. К 1854 году только в США было проложено свыше 20 тысяч миль телеграфного провода. На строительстве телеграфных линий в России сделал карьеру и заработал свой первый капитал немецкий инженер Сименс, основоположник компании, превратившейся в последствие в суперконцерн, носящий его имя.

По мере роста протяженности телеграфных линий, сигнал, достигающий приемного конца, становился все более слабым и его мощности уже не хватало для работы клопфера. И тут кто-то из команды Морзе вспоминает о демон-



Рис. 1.16. Клопфер, снабженный большим деревянным резонатором

страцией для работы клопфера. И тут кто-то из команды Морзе вспоминает о демон-

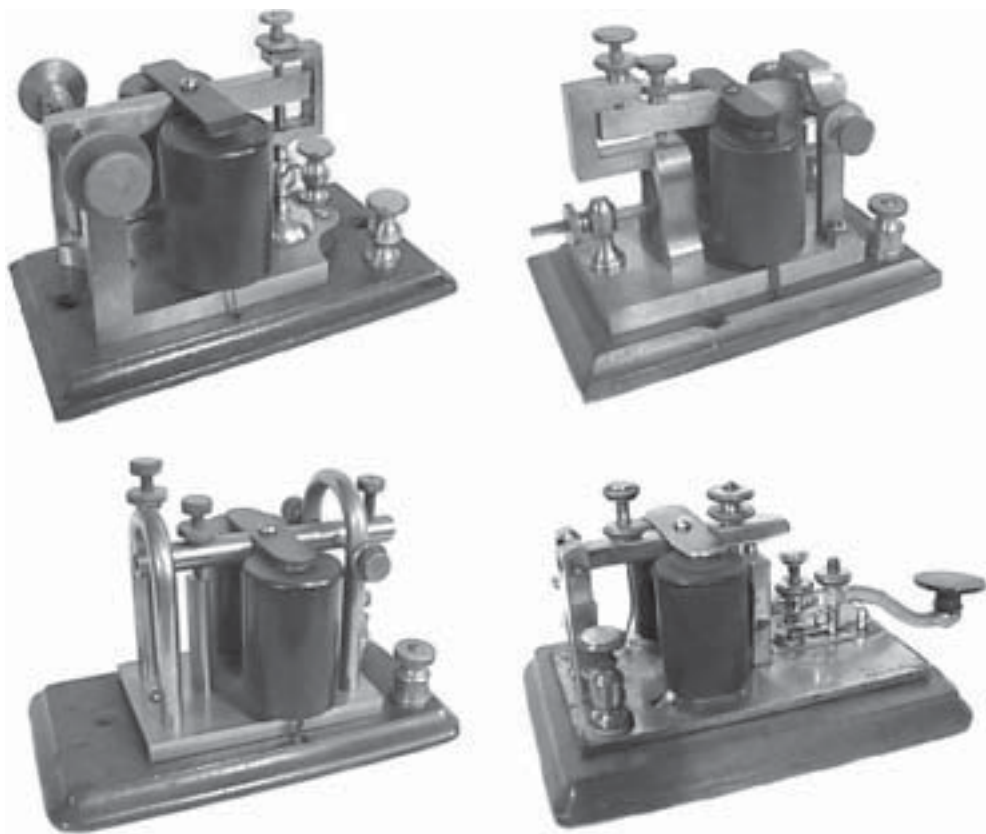


Рис. 1.17. Клопферы, выпущенные разными компаниями в разные годы

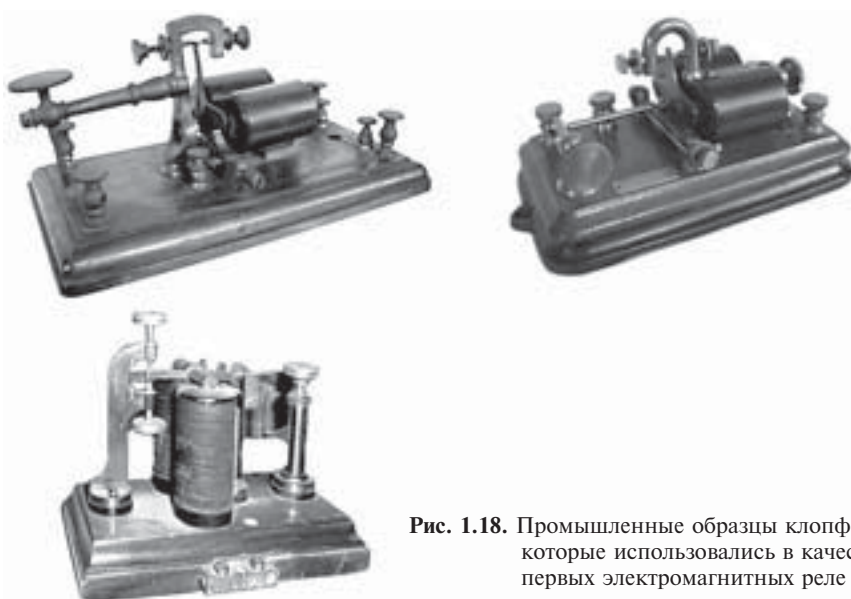


Рис. 1.18. Промышленные образцы клопферов, которые использовались в качестве первых электромагнитных реле

Содержание

1. Истоки	3
1.1. Реле и лошади	3
1.2. От Эрстэда до Генри	4
1.3. Профессор рисования С. Морзе	12
1.4. Реле Эдисона	17
1.5. Первые промышленные реле России	19
2. Магнитные системы реле	25
2.1. Основные элементы электромагнитного реле	25
2.2. Гистерезис и коэрцитивная сила	27
2.3. Основные типы магнитных систем	28
2.4. Чем отличаются реле переменного тока от реле постоянного тока	40
2.5. Некоторые вспомогательные элементы, улучшающие работу реле	43
2.6. Что происходит при срабатывании реле	46
2.7. Обмотки реле	48
3. Контактная система	56
3.1. Конструкции основных типов контактов	56
3.2. Серебро, золото, платина	59
3.3. Контакты с двухступенчатой коммутацией	61
3.4. Зачем нужно «контактное нажатие»	62
3.5. Контакты, которые сами себя чистят	64
3.6. Контакты, которые сами себя регулируют	67
3.7. Когда мощность не равна произведению тока на напряжение	69
3.8. Раздвоенные... безобрывные... высокочастотные...	74
3.9. Компенсация ударов и электродинамических сил в контактах	78
3.10. Искра на контактах и борьба с ней	83
3.11. Контактные системы большой мощности	90
3.12. Ртутные реле	100
4. Внешнее оформление реле	105
4.1. Влияние внешней среды на реле	105
4.2. Дерево и картон — первые защитные оболочки реле	107
4.3. Всегда ли герметичное реле лучше открытого?	111
4.4. Выводы, контактные колодки, «контейнеры» для реле	113
4.5. Индикаторы срабатывания и тестовые кнопки	126
4.6. Реле, которые совсем не похожи на реле	129

5. Герконы и герконовые реле	133
5.1. Кто изобрел геркон	133
5.2. Фейерверк идей и конструкций	138
5.3. Герконы повышенной мощности	148
5.4. Мембранные герконы.....	156
5.5. Ртутные герконы.....	159
5.6. Высоковольтные герконы	163
5.7. Герконы с жидкостным наполнением	165
5.8. Поляризованные и запоминающие герконы.....	166
5.9. Герконовые реле	173
5.10. Ртутные герконовые реле	182
5.11. Безобмоточные герконовые реле	183
6. Высоковольтные реле	187
6.1. Что такое «высоковольтное реле»	187
6.2. Открытые реле, коммутирующие высокие напряжения	187
6.3. Вакуумные и газонаполненные высоковольтные реле малой мощности	191
6.4. Мощные вакуумные реле и контакторы.....	198
6.5. Высоковольтные герконовые реле	203
6.6. Высоковольтные интерфейсные реле.....	208
7. Электронные реле	220
7.1. Изобрел ли Т. Эдисон «лампу Эдисона»?.....	220
7.2. Радиолампа Ли де-Форест: от рождения до наших дней.....	222
7.3. Как работает радиолампа	226
7.4. Реле на вакуумных электронных лампах	228
7.5. Газонаполненные лампы с релейной характеристикой.....	231
7.6. Мощные ртутные вентили	234
7.7. Электронно-лучевые коммутаторы	237
7.8. Полупроводниковые реле.....	238
7.9. Оптоэлектронные реле	291
7.10. Сверхмощные электронные реле	296
7.11. Гибридные реле	299
8. Реле времени.....	306
8.1. Электромагнитные реле времени	306
8.2. Конденсаторные реле времени	311
8.3. Реле с часовым механизмом	312
8.4. Пневматические и гидравлические реле времени	318
8.5. Электронные реле времени.....	321
8.6. Приставки к обычным электромагнитным реле.....	333
8.7. Ускоренные (форсированные) реле	336
9. Тепловые реле.....	339
9.1. Реле на основе биметаллического теплового элемента	340
9.2. Защитные тепловые реле.....	344

9.3. Автоматические выключатели с тепловым элементом	349
9.4. Дилатометрические тепловые реле.....	355
9.5. Манометрические тепловые реле	356
9.6. Ртутные термореле	358
9.7. Тепловые реле на герконах	359
9.8. Полупроводниковые термоэлементы и термореле.....	360
10. Реле тока и напряжения	367
10.1. Что такое «защитные реле»	367
10.2. Трансформаторы тока и напряжения.....	368
10.3. Реле тока и напряжения мгновенного действия	391
10.4. Токовые реле с независимой выдержкой времени	418
10.5. Токовые реле с зависимой выдержкой времени	431
10.6. Реле с торможением по гармоникам и напряжению.....	451
10.7. Импульсные реле тока.....	456
11. Реле мощности и направления мощности	459
11.1. Реле индукционного типа	459
11.2. Характеристики реле направления мощности	462
11.3. Реле электродинамического типа	465
11.4. Электронные аналоги реле направления мощности.....	468
12. Дифференциальные реле.....	476
12.1. Принципы построения дифференциальной защиты	476
12.2. Высокоимпедансные дифференциальные реле	479
12.3. Дифференциальные реле с элементами смещения.....	487
12.4. Электромагнитное процентно-дифференциальное реле	490
12.5. Дифференциальные реле индукционного типа.....	494
12.6. Реле с соединительными проводами (с проводным каналом).....	503
13. Дистанционные реле.....	513
13.1. Принцип действия и основные характеристики дистанционной защиты.....	513
13.2. Качания в системе	519
13.3. Принципы построения дистанционных реле	522
13.4. Зачем нужна «память» дистанционным реле.....	529
13.5. Дистанционные реле с улучшенными характеристиками	531
13.6. Электронные аналоги реле импеданса.....	537
14. Реле частоты.....	545
14.1. Зачем нужно контролировать частоту в энергосистеме	545
14.2. Чарльз Штэйнметц (С. Steinmetz) — изобретатель реле частоты.....	546
14.3. Реле частоты индукционного типа	547
14.4. Резонансные реле.....	554
14.5. Электронные реле частоты.....	554

15. Микропроцессорные реле: перспективы и проблемы	564
15.1. Общая структура и конструктивное исполнение МУРЗ	564
15.2. Модули аналоговых входов	569
15.3. Модули выходных реле	571
15.4. Модули цифровых (логических) входов	575
15. 5. Модуль центрального процессора	580
15. 6. Внутренний источник питания	598
15. 7. Система самодиагностики МУРЗ	607
15. 8. Немного о будущем	613
16. Специальные реле	614
16.1. Поляризованные реле	614
16.2. Реле с самоблокировкой (с защелкой)	619
16.3. Реле шагового действия (шаговые искатели)	633
16.4. Роторные реле	637
16.5. Реле с поворотной катушкой	639
16.6. Реле с полупроводниковыми драйверами (усилителями)	644
16.7. Магнито-гидро-динамические реле	649
16.8. Сигнальные и указательные реле	652
16.9. Реле-мигалки	656
16.10. Газовые реле	660
16.11. Реле безопасности	667
16.12. Реле земляной защиты	674



Владимир Игоревич Гуревич родился в г. Харькове (Украина) в 1956 г.

В 1978 г. окончил факультет электрификации Харьковского национального технического университета им. П. Василенко по специальности «Электроснабжение с.х.». С 1980 по 1983 г. учился в аспирантуре. В 1986 г. защитил кандидатскую диссертацию в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» по специальности «Электрические аппараты». Работал преподавателем, и.о. доцента Харьковского национального технического университета им. П. Василенко, главным инженером и директором Научно-техническо-

го предприятия «Инвентор» (г. Харьков). Руководил несколькими проектами по разработке новых видов аппаратуры, выполняемых по заказам Министерств оборонных отраслей промышленности СССР, после распада СССР занимался разработкой и организацией производства устройств автоматики для электроэнергетики.

В 1994 г. эмигрировал в Израиль и с 1998 г. работал директором малого научно-технического предприятия «», а в настоящее время работает в Электрической компании Израиля в должности инженера-специалиста, начальника сектора Центральной электрической лаборатории.

С 2006 г. Почетный профессор Харьковского национального технического университета им. П. Василенко. С 2007 г. эксперт комитета ТС-94 Международной электротехнической комиссии (МЭК).

В. Гуревич автор 4 книг, свыше 120 изобретений и 130 научно-технических статей.